

連絡招集体制に頼ることなく、管理者、作業者などが自主的に参集する体制も必要であり、災害時に対応した新しく堅牢な連絡システムの確立が望まれる。

#### 11. 施設点検体制

放射線管理上の「自主点検項目」に決められた事項はもちろんのこと、その他、建物、付帯設備、備品類、各種消耗品類（これには器具、小容器、溶媒等も含まれる）等の点検を、定期的に行う必要がある。震災発生時には、日頃の点検の経験が活用されることになる。点検を実施し易くするために点検体制・点検方法や基準を明確にし、その内容の周知徹底を図るために教育、実地訓練等も必要に応じ計画すべきである。

立入検査指導事例から懸念されることとして、施設点検の要領を把握し習熟している者が「主任者及び管理担当者だけという状況があった」という事実を指摘したい。このような施設は、職員が施設の概要を理解できるような機会を設け、すみやかに施設点検体制の改善を図るべきである。主任者以外に補助者等、複数の担当者が日頃から施設点検体制に加わっておくことは災害時への備えの観点からも有益であると考えられる。

震災時の応急対策では、立入禁止措置、立入制限措置について「対処の基準」と「判断責任者」明確にしておくことと、施設の使用の再開に対しては、施設点検、設備動作確認など十分な安全確認を行った後に検討し決定すべきである。

## E. 結論

医療機関では、特性や期待される機能を考慮した震災に向けた対応が求められるが、放射線部では、その特殊性に配慮した備えが必要である。特に、災害時に脅威となり得る線源や機器に関する備えを重点的に行うことが求められる。また、放射線遮へいの構造が、災害時に患者やスタッフを閉じ込める要因になることを認識すべきである。これらの観点から、災害時対応訓練シナリオを作成した。また、排気設備故障時の線量推計例を示した。

## 参考資料

- 1, 東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について 内閣府緊急対策本部  
<http://www.kantei.go.jp/saigai/report.html>
- 2, 阪神・淡路大震災について（確定報）2006年5月19日消防庁より
- 3, 新潟県中越地震（確定報）2009年10月21日消防庁より
- 4, 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会第7回会合
- 5, 災害医療等のあり方に関する検討会報告、平成23年厚生労働省
- 6, 災害時エックス線撮影装置の安全な使用に関するガイドライン  
災害時X線安全使用ガイドライン作成WG、社団法人日本画像医療システム工業会
- 7, 消防用設備等に関する指導指針 別記第9より
- 8, 災害時におけるMR装置の安全管理について（周知依頼）  
平成22年3月16日 厚生労働省医政局総務課
- 9, 核医学診療事故防止指針 日本核医学会
- 10, 東日本大震災に伴う火災の調査から得られる教訓  
2011年8月11日 田中哮義（京都大学防災研究所）
- 11, 内閣府「防災に関してとった措置の概況」及び「平成23年度の防災に関する計画」  
「平成23年版 防災白書」
- 12, 地震災害に対応した医療施設の配置計画に関する研究  
平成17年度厚生労働科学研究費補助金 主任研究者：小林健一
- 13, 災害時における広域緊急医療のあり方に関する研究  
平成17年度厚生労働科学研究費補助金 分担研究者：大友康裕
- 14, 大規模災害に対応した保健・医療・福祉サービスの構造、設備、管理運営体制等に関する研究  
平成23年度厚生労働科学研究費補助金 分担研究者：小林健一
- 15, 自然災害発生時における医療支援活動マニュアル  
平成16年度 厚生労働科学研究費補助金 特別研究事業
- 16, 水害による被害推計の手引き（試行版） 国土交通省
- 17, U. S. House of Representatives : A Failure of Initiative, 2006.  
<http://www.gpoaccess.gov/katrinareport/mainreport.pdf>
- 18, 総務省統計局 HP：統計データ，産業連関表。  
<http://www.stat.go.jp/data/io/index.htm>
- 19, 中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」  
第34回専門調査会資料5、2008.
- 20, 山口県：災害記録～平成22年7月大雨災害～  
<http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a10900/bousai/h220715oame.html>

- 21, Interagency Performance Evaluation Task Force: Performance Evaluation of the New Orleans and Southeast Louisiana Hurricane Protection System - Final Report, Volume VII, pp108-109, US Army Corps of Engineers, 2007.
- 22, NTT 東日本 HP : 東日本大震災における復旧活動の軌跡  
[http://www.ntt-east.co.jp/info/detail/pdf/shinsai\\_fukkyu.pdf](http://www.ntt-east.co.jp/info/detail/pdf/shinsai_fukkyu.pdf)
- 23, 医療機関における地震防災対策のポイント  
愛知県健康福祉部健康福祉総務課  
<http://www.pref.aichi.jp/kenko-somu/iryokikan/iryokikan.htm>
- 24, 大規模地震災害発生時における医療機関の事業継続計画 (BCP) 策定ガイドライン  
東京都福祉保健局
- 25, 医療機関における緊急地震速報の利活用 堀内義仁  
映像情報メディア学会誌 Vol. 62, No. 9, pp. 1377~1380 (2008)
- 26, 東日本大震災からの医療機関の復旧状況と業務継続の観点からみた地震対策のあり方  
NKSJ リスクマネジメント (株) NKSJ-RM レポート 68 より
- 27, 震災時における建物の機能保持に関する研究開発  
防災科学技術研究所 佐藤栄児  
文部科学省委託研究 首都直下地震防災・減災プロジェクト総括成果報告書 平成 24 年 3 月
- 28, 首都直下地震防災・減災特別プロジェクトーその 1  
想定される直下地震の全体像から減災技術、復興計画までを研究  
地震本部ニュース 2008 年 6 月号 p. 10-11 2008. 06
- 29, 海溝型巨大地震による長周期地震動と土木・建築構造物の耐震性向上に関する共同提言  
2006. 11 (社) 土木学会、(社) 日本建築学会
- 30, 海溝型地震の長期評価の概要 (算定基準日 平成 25 年 (2013 年) 1 月 1 日)  
地震調査研究推進本部
- 31, 医療施設の防災対策. 第 2 7 3 回東京核医学技術研究会定例会  
1996. 05. 30 社団法人日本アイソトープ協会 学術部長 池田 正道

平成24年度厚生労働科学研究費補助金  
(地域医療基盤開発推進研究事業)  
「医療放射線防護に関する研究」

分担研究報告書

放射線治療領域における放射線防護に関する研究

平成25年3月

研究分担者 高橋 健夫

## 目次

### 課題 3 放射線治療領域における放射線防護に関する研究

A	研究目的ならびに背景	1
B	研究方法	1
C	研究結果	2
D	総括	6
E	文献	6

平成 24 年度厚生労働科学研究費補助金 地域医療基盤開発推進研究事業

「医療放射線防護に関する研究」

(H24-医療- 一般 -017) (研究代表者：細野 眞)

「放射線治療領域における放射線防護に関する研究」

研究分担者 高橋 健夫

埼玉医科大学総合医療センター放射線腫瘍科 教授

研究協力者 金井 達明

群馬大学重粒子線医学研究センター 教授

保科 正夫

群馬県立県民健康科学大学 教授

新保 宗史

埼玉医科大学総合医療センター放射線腫瘍科 准教授

鳥飼 幸太

群馬大学重粒子線医学研究センター 助教

#### A. 研究目的ならびに背景

近年急速に進歩を遂げ、需要の増加が著しい放射線治療において、放射線防護の観点から適切な放射線治療の推進、治療機器管理、品質保証 (QA) / 品質管理 (QC) の充実、ならびに災害時の防災対策の整備等が重要である。各施設における安全管理、放射線治療機器ならびに治療内容に関する品質保証 (QA) の普及・充実が浸透しつつある。しかし周辺機器の機器管理や、各施設における検証に加え第三者による評価体制の確立などは不十分な面もあり、高精度化した放射線治療の安全管理、医療被曝防護体制の確立に必要な項目を欧米の基準を含め、国内の実情を調査し、高精度放射線治療の推進に関する新たな指針として提案を行う。さらに災害時のための対応策の普及ならびに教育訓練の指針を提言することを目的とする。これにより放射線治療領域における医療放射線防護の確立を目指す。

#### B. 研究方法

- 高度化した放射線治療機器、情報システム系機器の精度管理ならびに規格の整備 (医療情報系 (放射線治療部門情報システム：放射線治療 RIS) の放射線治療機器との統合に関するわが国の実情の調査、ならびに規格の整備に関する項目)
- 放射線治療品質管理に対する客観的評価の推奨 (放射線治療品質管理に対する客観的評価)
- 災害時に対する防災対策 (特に小線源を用いた放射線治療装置)

(災害時における放射線治療システムの管理)

この3項目について医療放射線防護ならびに医療安全の観点から、規格ならびにマニュアル等の整備を進める。それにより医療放射線防護にどれだけ貢献できるかのアウトカムを、可能な項目から評価する。

## C. 研究結果

(1) 医療情報系（放射線治療部門情報システム：放射線治療 RIS）の放射線治療機器との統合に関するわが国の実情の調査、ならびに規格の整備に関する項目：

高度化する放射線治療について、医療放射線の安全確保ならびに防護の観点から検討する。近年の放射線治療では、照射条件の設定をコンピュータで計算するようになり、照射中に照射条件を変化させている照射も存在する。また、線量局在化を達成する照射を推し進める結果、様々な機器の誤動作は重大な結果を及ぼす危険を内在している。

特に強度変調放射線治療や運動照射では、膨大な機器の変化が1照射内に含まれているので、従来のように2人の技師の確認が有効に機能する範囲を超えている。したがって、設定する機器を信頼し、機器の設定の詳細を確認することなしに照射を実施している。信頼できる機器を製造することは第1に重要なことであるが、目に見えない情報を把握せずに照射を実施する現場の技師と、それを指示する医師の不安は多いと考えることができる。

一方、患者の一連の治療を管理する現状の HIS、RIS などの入力においては、その設計思想が必ずしも医師の思考過程に沿っているわけではないため、治療計画との連携も十分ではない。したがって、必要な情報の入力が不十分となることや、間違いを起こすことの可能性がありうる。これらの実態を調べ、より詳細な入力を各機器独立に要求するシステムではなく、臨床上必要な情報の集約と集積の手順・方法を最適にすることが必要となっている。

今年度は以下に示すように本研究を進める上での検討課題の抽出を行った。

1. 通常の X 線、定位照射、IMRT 等の高精度治療および粒子線治療も含め、照射前の機器設定の確認をする手順を、どの部分で行うのか。複数の実機での状況を確認し、今後の問題点の整理およびあるべき姿を提示する。
2. また、あらゆる治療情報を RIS に登録する必要があるために、省略したり、不十分な情報を入力してしまっている場合がある。これらのエラーにつながる行為などをヒューマンエラーの観点から分析し、照射装置・HIS・RIS・治療データベース・診断機器など複合するメーカーが混在する中で、誤操作や医療過誤につながるものが極力減らせるシステムの姿を考察する。

(2) 放射線治療品質管理に対する客観的評価：

放射線治療品質管理のわが国のレベルを向上させるためには今後、さらなる客観的評価（第3者等による）が必要である。今年度はわが国の放射線治療の現状と、客観的評価の実施状況について調査した。

わが国の放射線治療の状況は、日本放射線腫瘍学会（JASTRO）の構造調査によってその詳細が報告されている。1999年と2005年の報告例を表1と2に示す(1)。ただし、平均患者数は新患数/年の中央値と施設数から保科が算出した予想値である。短期間において急激な対象患者の増加が、放射線治療分野で起きたことが表1と2から明らかである。

放射線治療は外部照射（直線加速器）と組織内照射（密封小線源治療と内用療法）によって行われる。放射線治療の動向を知る指標として、一般的な放射線治療で用いられる直線加速器の設置台数の変化を歴史的にみると、図1に示すように、2000年を前後して急激な増加がみられる。この変化は需要の増加を反映したものである。

表1 日本における施設タイプ、規模別施設数と患者数（1999年JASTRO調査）

新患数/年 (N)	大学	がん C	国立	公立	日赤、国保 等	医療法 人	合計	%	平均患者 数
≤ 99人	11	0	49	100	63	30	253	39.8	12,650
100 ≤ N ≤ 199	14	0	21	80	72	22	209	32.9	31,350
200 ≤ N ≤ 299	16	1	10	17	16	11	71	11.2	17,750
300 ≤ N ≤ 399	30	5	3	5	5	8	56	8.8	19,600
400 ≤ N ≤ 499	13	1	1	2	0	0	17	2.7	7,650
500 ≤ N	17	10	0	2	1	0	30	4.7	15,000
合計	101	17	84	206	157	71	636	100	104,000
%	15.9	2.7	13.2	32.4	24.7	11.2		100	

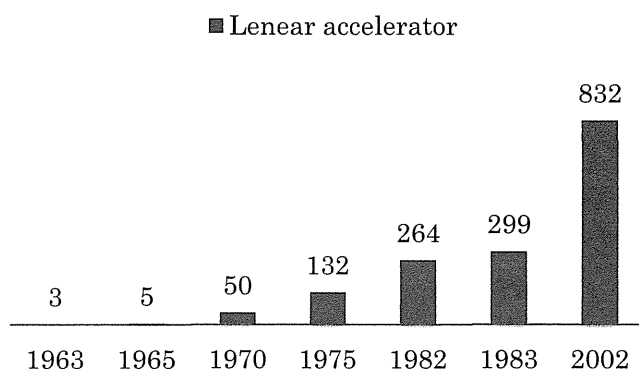
表2 日本における施設タイプ、規模別施設数と患者数（2005年JASTRO調査）

新患数/年 (N)	大学	がん C	国立	公立	日赤、国保 等	医療法 人	合計	%	平均患者 数
≤ 99人	12	3	30	73	63	30	211	29.6	10,550
100 ≤ N ≤ 199	14	1	29	83	65	33	225	31.6	33,750



$200 \leq N \leq 299$	11	6	8	36	31	22	114	16.0	28,500
$300 \leq N \leq 399$	19	3	3	16	14	9	64	9.0	22,400
$400 \leq N \leq 499$	19	0	0	4	4	5	32	4.5	14,400
$500 \leq N$	37	16	1	3	4	5	66	9.3	33,000
合計	112	29	71	215	181	104	712		142,600
%	15.7	4.1	10.0	30.2	25.4	14.6		100	

図1 日本における直線加速器の設置台数の変化



放射線治療の安全と品質を考えていく上で、直線加速器による放射線治療を重要部分としてとらえていかなければならないことは、患者数と加速器の間にみられる対応した伸びからも推察される。

表1と2の調査結果から施設規模を表す指標として年間新患者数を用いると、表3に示すように2005年調査では200人/年未満の施設は400人/年以上の施設の4.4倍であるにもかかわらず、それぞれの施設で対象となった患者数はほぼ同等である。わが国の放射線治療全体を考えると、400人/年以上の施設の先進技術の展開の充実と200人/年未満の施設における基本的安全の確保という若干の目標の相違を意識する必要がある。

表3 1999年から2005年までの期間における年間新患者数でみた施設数と患者割合の変化

年間新患者数	施設割合		患者割合	
	<200人	400人≤	<200人	400人≤
1999年	72.7%	7.4%	42.3%	21.8%
2005年	61.2%	13.8%	31.1%	33.2%

放射線治療における技術的安全管理に関わる職として、わが国では放射線治療専門放射線技師（2012年1,200名）と医学物理士（2011年729名）があり、それぞれ資格能力の認定を専門の機構で行っている。また、2000年前後に放射線治療における医療過誤を複数経験する中で、放射線関連学会を中心に議論がなされ、更なる放射線治療の安全管理体制の確立を目指し、放射線治療品質管理機構が設立され放射線治療品質管理士の認定制度が創設され、医療機器安全管理料<sup>2</sup>に反映されている。放射線治療品質管理士を置くことで各施設における放射線治療品質管理(QA)の充実が特に中・大規模医療機関を中心に進みつつある。

2010年に発生したニューヨーク市での放射線治療事故を踏まえると、わが国で目指している放射線治療品質管理士が放射線治療専門放射線技師と医学物理士から構成されることの意義は深い。すなわち、多職種が同じ目標を意識する中でそれぞれの業務を行うことを可能にするものである。ニューヨーク市の医療過誤を防ぐことができなかった根本には、この種の協調が失われていたことがある。

一方、高精度放射線治療が普及し、放射線治療関連システムの高度化・複雑化が進む現状においては、品質管理ならびに線量測定・評価に第3者による外部評価が求められると考えられる。欧米諸国においては放射線治療に関する外部評価が通常的に実施されており、RPC（米国）およびIAEA/WHOが照射線量に関する外部評価に関するネットワークを構築しており、多くの国々の放射線治療施設が参加している。わが国では厚生労働科学研究（池田班）の後をうけ、医用原子力技術研究振興財団が外部評価として放射線治療装置の出力測定を実施しているが、実施率は全施設数の18%にすぎず、まだまだ不十分である。放射線被曝ならびに医療安全ならびに医療放射線防護の観点から、放射線治療機器の外部評価のルーチン化に向け、現状の調査ならびに課題の抽出を行っている。

### （3）災害時における放射線治療システムの管理

東日本大震災においては、地震による装置の損壊、津波被害と電力喪失が医療機関を襲うこととなった<sup>(2)(3)</sup>。東北地域の地震および津波対策として、病院施設の高台への移設と免震構造化がかなりの部分で実施されていた。このことにより、東北地域における放射線治療施設の全壊を免れることができた。しかし地震による装置損壊は一部の装置、あるいは装置の一部の構成部品にみられている。放射線治療装置の中でも小線源治療装置 RALS（高線量率遠隔操作式後装填システム）は機器本体にイリジウム（Ir-192）などの密封小線源を格納している。先の大震災において密封小線源の流出の事例はなかったが、建物倒壊に至る場合を想定すると、線源所在についての管理に留意が必要である。

今年度は以下に示すように国内の現状把握を行った。

治療機器を中心とした災害時マニュアルは、放射線治療機器メーカーによる防災マニュアルとして個別に整備していた。機器に関しては放射線治療関連は欧米諸国で開発・

製造されているものがほとんどをしめているため、機器に対する地震・震災対策の要望を行うことは困難な状況にある。地震がほとんどない国での製造販売機器に関しては、機器自体に耐震機能等の配備がなされていないため、マニュアルを整備し、かつ教育訓練時等で定期的に講習・研修会を行うことが重要である。製造販売業者による小線源放射線治療装置に関する 2012 年の講習は、大学病院 9 施設、国立病院機構・県立病院 3 施設、都道府県がんセンター 3 施設で行われ、その内容は施設への立ち入り検査に関する注意事項・QA、QC・トラブル対応・停電時の対応、災害時、非常時の対応、非常用線源容器の取扱について、などの項目を中心に行われている。年 1 回義務付けられている教育訓練にからめて行われているケースが多い。この状況をもとに災害時マニュアル、特に機器ならびに各施設の構造・機能に合わせたマニュアルの項目の整備ならびに、教育訓練が必須である。

東日本大震災での事象を解析し(JASTRO(日本放射線腫瘍学会)の収集データを含め)、問題点を検証し、医療放射線防護の観点から防災対策に関する指針を提案する。

#### D. 総括

放射線治療は高精度化が進み、本研究結果でわかるように治療件数は急速に増加し、がん治療になくってはならない治療法となっている。放射線治療に従事するマンパワーの不足は指摘され続けているが、わが国の現状に合わせた対策が急務である。各種マニュアルの整備はここ数年の研究で進められているが、本研究では現状に合わせた対応指針の運用に関する調査を、医療放射線防護の観点から行った。来年度は継続して対応指針の作成を行う。

#### E. 文献

- (1) JASTRO データベース委員会. JASTRO 2005 年定期構造調査解析結果(第 1 報). <http://www.jastro.or.jp>
- (2) 藤本圭介、洪 孝幸、腹子さおり、他. 東日本大震災発生後の放射線治療部門における患者対応(特集 放射線医療の課題と今後の展望 : 震災の影響をふまえて). 映像情報 Medical 43: 1068-1071, 2011.
- (3) 日本放射線腫瘍学会. 東北関東大震災被災放射線治療患者さんの他機関放射線治療受け入れについて. <http://www.jastro.or.jp>

平成24年度厚生労働科学研究費補助金  
(地域医療基盤開発推進研究事業)  
「医療放射線防護に関する研究」

分担研究報告書

放射線診断領域における放射線防護に関する研究

平成25年3月

研究分担者 赤羽 正章

# 目次

## 課題 4 放射線診断領域における放射線防護に関する研究

研究要旨	-----	1
1 研究目的	-----	1
2 研究方法	-----	2
3 研究結果	-----	4
4 考察	-----	6
5 結論	-----	6
6 参考資料	-----	6

分担研究報告書

「放射線診断領域における放射線防護に関する研究」

研究分担者 赤羽 正章 東京大学医学部附属病院放射線部

研究協力者 堀内 哲也 GE ヘルスケア・ジャパン株式会社

小林 育夫 長瀬ランダウア株式会社

研究要旨

CT 透視の散乱線による術者被ばくについて、散乱線遮蔽プロテクタの配置や管電圧の影響を検討した。散乱線遮蔽プロテクタの最適な配置は有意な術者被ばく低減をもたらした。低管電圧の被ばく低減効果は期待できない。

1. 研究目的

CT に関連した職業被ばくとしては、CT ガイド下 interventional radiology (IVR)における術者の被ばくが最大の問題と考えられる。CT ガイド下 IVR には膿瘍ドレナージ、生検、VATS マーカ留置、ラジオ波焼灼術、凍結治療などが含まれる。CT ガイド下 IVR においては、治療計画、穿刺中の観察、治療中の観察、治療効果判定、の各々の段階で CT が撮影され、特に穿刺中や治療中の観察においては術者が退室できない場合もあるため、術者の被ばくが問題となる。特に CT 透視による術者被ばくは線量が高いため、適切な防護の必要性が高い。

CT ガイド下の術者被ばく低減においても、防護の三原則すなわち時間・距離・遮蔽が肝要である。すなわち、術者が CT 室内にいる状態での撮影を可能な限り減らすこと、どうしても撮影室内に残る必要がある場合はできるだけ離れること、撮影の際には可能な限りの遮蔽用具を使うこと、である。

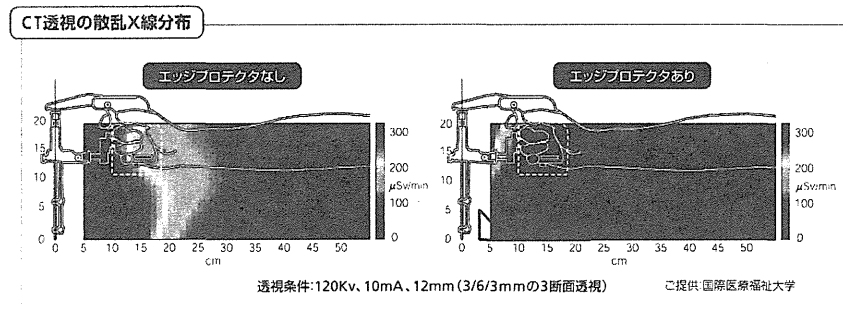
術者の被ばくは、撮影範囲内に術者の手など体の一部が入った場合の直接線による被ばくと、撮影範囲外での散乱線による被ばくとに大別される。直接線による被ばくは線量が高いため、そもそも撮影範囲内に手を入れなくても済むような手技の工夫やデバイスの利用が肝要である。しかしたとえ直接線を避けることができたとしても、主として患者の体から発生する散乱線による被ばくが残ってしまう。散乱線による被ばくを減らすためには、散乱線の発生源である患者の体から離れること、そして患者と術者の間に遮蔽物を置くことが有効である。

CT ガイド下 IVR における散乱線を遮蔽するプロテクタとして、「エッジプロテクタ」（株式会社六濤 <http://www.rikutoh.co.jp/products/brand/ct.html#c>）が市販されている。エッジプロテクタは鉛当量 0.6mmPb 以上のエッジ部と鉛当量 0.25mmPb 以上のエプロン部とからなるプロテクタで、穿刺位置すなわち CT 撮影面にエッジ部を近接させるよう患者の体に掛けて用いる。



エッジプロテクタを穿刺位置から 1cm に近接させて利用することで、散乱線による被ばくを 80%程度低減

できるとの実験結果が製品カタログに示されている。



穿刺位置に近接されるエッジは高さが5cmあるため、1cmに近接させるとやや操作がしにくくなる上に、清潔を保つための手間が増えるので、実際には1cmより離して配置される可能性がありうる。また、面検出器を用いたCTガイド下手技においては撮影範囲が±1cmを越える状況も想定され、この場合は撮影範囲に重ならないようエッジプロテクタを離して配置することになる。こうした事情を勘案すると、1cm以上離して配置した場合の被ばく低減効果や、またそもそもエッジ無しで鉛当量0.25mmPb以上のエプロン部だけを用いた場合の低減効果がどの程度であるか調べておく必要がある。

散乱線は管電圧が低いほど少なくなることが期待されるが、CTガイド下穿刺の術者被ばく低減における低管電圧撮影の意義については検討が不足している。

こうした背景を踏まえて、本研究ではエッジプロテクタの配置変更や低管電圧の利用が散乱線による術者被ばくに与える影響を検討することを目的とした。

## 2. 研究方法

実際のCTガイド下IVRに近い状況で散乱線を発生させるために、穿刺針と患者ファントムを用意した。術者被ばくに相当する空間線量分布を測定するために、50個の線量計を発泡スチロール板や術者ファントムを利用して要所に配置した。

### 2.1. 患者ファントム

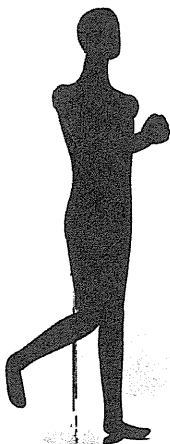
胸部の人体ファントムと腹部の人体ファントムを連結して使用した。

### 2.2. 穿刺針

長さ20cm、18GのPTCD針を用いた。患者ファントムの前胸部に貼り付けた発泡スチロール板に、正中で鉛直に穿刺した。

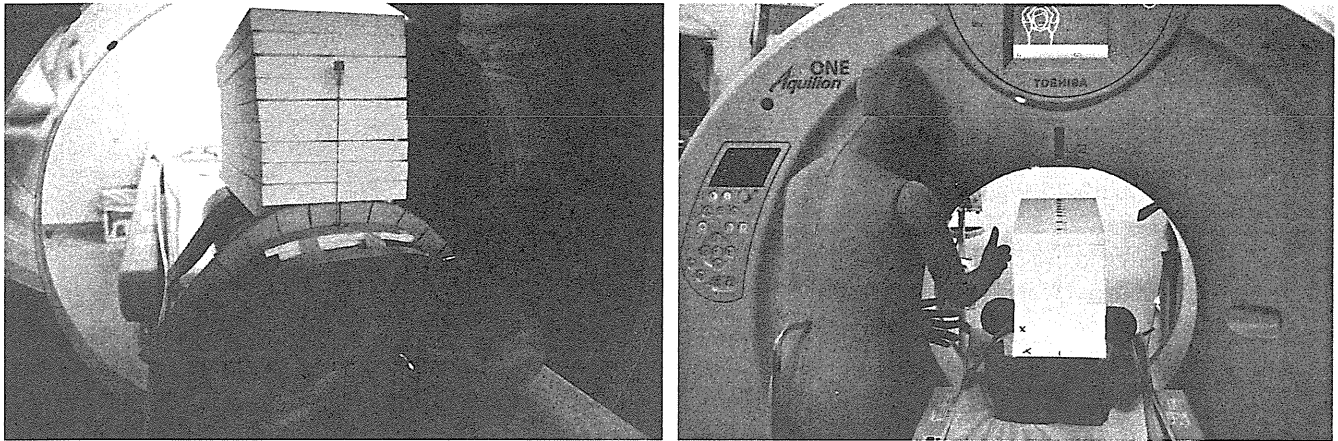
### 2.3. 術者ファントム

発泡ウレタンの体に布張りしたマネキン (<http://www.manekinya.com/shopdetail/025002000001/order/>)を用いた。身長182cmで、標準的な術者よりも大柄である。



## 2.4. 線量計の配置

術者の手の被ばくの指標とするため、床面に垂直で患者の正中を通る面内で、アイソセンターから患者の尾側方向および腹側方向への空間線量分布を測定することとした。このため、穿刺位置のすぐ尾側で患者ファントムの腹側に発泡スチロールの板を積み重ね、その間に線量計を配置することとした。



線量計には Landauer 社製の nanoDot を用いた。nanoDot は酸化アルミニウムを利用した軽量小型薄型の線量計で、角度依存性が無く、0.1mGy から数十 Gy まで直線的に線量を測定することができるので、今回の測定条件に最適な線量計と考えられる ([http://www.nagase-landauer.co.jp/nl\\_letter/pdf/23/no406.pdf](http://www.nagase-landauer.co.jp/nl_letter/pdf/23/no406.pdf), [http://www.landauer.com/uploadedFiles/Healthcare\\_and\\_Education/Solutions/Special\\_Services\\_nanoDot.pdf](http://www.landauer.com/uploadedFiles/Healthcare_and_Education/Solutions/Special_Services_nanoDot.pdf))。

術者の被ばくとして、手の他に水晶体・甲状腺・乳腺・腹部臓器・生殖器を想定した測定も行うため、身長 182 cm のマネキンを穿刺時の姿勢として配置し、相当する部位の体表の穿刺位置に近い左側に線量計を貼り付けた。

## 2.5. 撮影条件

肺生検を想定し、撮影面は胸部中央とした。エッジプロテクタの有無や位置、および管電圧を変更し、5 種類の条件で撮影を施行した。すべてに共通な撮影条件は、中心 6mm 厚/辺縁 3mm 厚の 3-6-3 モードで axial scan、管電流 300mA、管球回転速度 1.5 秒/回転、であった。管電圧は 1 種類の条件のみ 80kVp、他の 4 種類で 120kVp とした。

管電圧 120kVp では 1 回転あたりの CTDIvol=52.0mGy で、5 回転分を撮影した。 $300\text{mA} \times 1.5\text{s} \times 5 = 2250\text{mAs}$  で、30mA の CT 透視に換算すると透視時間 75 秒の被ばくに相当し、CTDIvol の合計は 260.0mGy となった。管電圧を 120kVp から 80kVp に下げると 1 回転あたりの CTDIvol が 16.2mGy に下がるので、16 回転分を撮影し CTDIvol の合計を 259.2mGy とすることで、ほぼ同等の照射線量とした。

### 2.5.1. エッジプロテクタ無し

散乱線を遮蔽せずに撮影した。

### 2.5.2. エッジプロテクタ有り (距離 1cm)

穿刺位置から 1cm 離れた位置にエッジプロテクタを設置した。

### 2.5.3. エッジプロテクタ有り (距離 1cm)、低管電圧

穿刺位置から 1cm 離れた位置にエッジプロテクタを設置し、管電圧を通常の 120kVp から 80kVp に下げた。

### 2.5.4. エッジプロテクタ有り (距離 5cm)

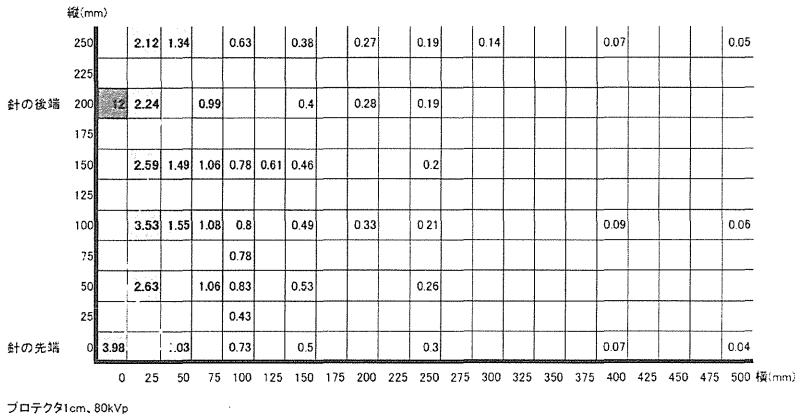
穿刺位置から 5cm 離れた位置にエッジプロテクタを設置した。

### 2.5.5. エッジプロテクタ反転 (距離 1cm)

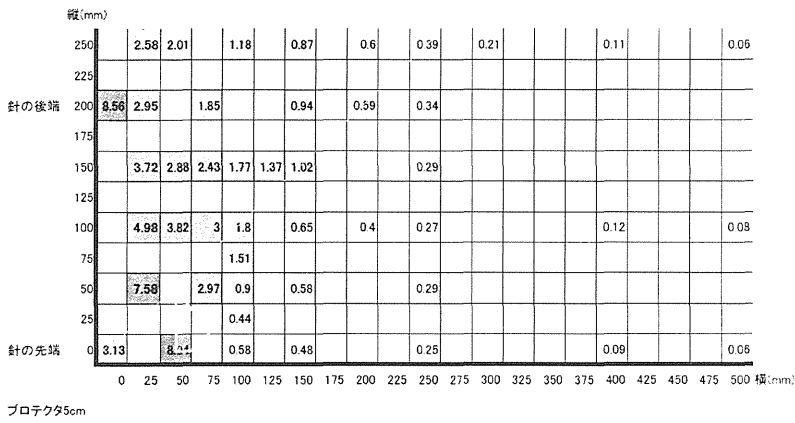
穿刺位置から 1cm 離れた位置に、頭尾方向を逆転してエッジプロテクタを設置した。穿刺部近傍は平面的であるので、一般的なエプロン型プロテクタを置いた状態を模した状態である。



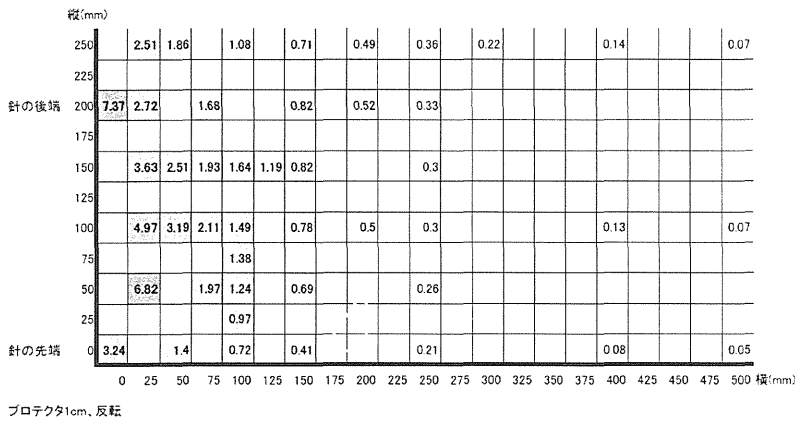




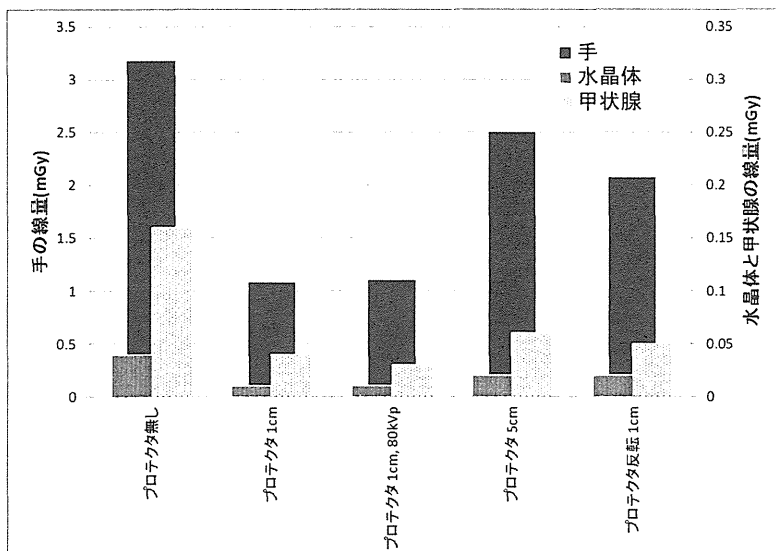
- 水晶体 0.01
- 甲状腺 0.03
- 乳腺 0.04
- 腹部 0.05
- 生殖器 0.06



- 水晶体 0.02
- 甲状腺 0.06
- 乳腺 0.06
- 腹部 0.06
- 生殖器 0.07



- 水晶体 0.02
- 甲状腺 0.05
- 乳腺 0.07
- 腹部 0.07
- 生殖器 0.07



各撮影条件の指/水晶体/甲状腺の線量指標は、エッジプロテクタ無し 3.18/0.04/0.16 mGy、エッジプロテクタ有り（距離 1cm）1.09/0.01/0.04 mGy、エッジプロテクタ有り（距離 1cm）80kVp 1.11/0.01/0.03 mGy、エッジプロテクタ有り（距離 5cm）2.51/0.02/0.06 mGy、エッジプロテクタ反転（距離 1cm）2.08/0.02/0.05 mGy、であった。

#### 4. 考察

この実験の管電圧 120kVp における mAs 値は 2250mAs であったので、管電流 30mA での CT 透視に換算すると透視時間 75 秒の被ばくに相当する。難しい手技においては到達する透視時間であり、現実的な被ばく状況と考えられた。

エッジプロテクタ利用の有無にかかわらず穿刺位置の線量は高く、術者の手を直接線に晒さないことの重要性が改めて認識された。

プロテクタ無しの条件においては、撮影断面から 100mm 離れた位置でも数 mGy の線量が観察され、直接線が当たらなくてもかなりの被ばくがあることがわかった。同じ位置の線量は、エッジプロテクタを穿刺位置から 1cm に近接させて利用すると 1mGy 未滿まで低減されており、エッジプロテクタの効果が再確認された。

エッジ無しの平板なエプロン型プロテクタによる被ばく低減効果は、エッジありに比して半減しており、エッジ部分が散乱線除去に役立っていることがわかった。

エッジを穿刺位置から 5cm 離れた状態では、被ばく低減効果が半減してしまうことがわかった。プロテクタを近接させることは、十分な被ばく低減効果を得る上で重要である。

エッジを穿刺位置から 5cm 離れた状態と、平板なエプロン型プロテクタを穿刺位置から 1cm の位置で利用した状態とは、ほぼ同様の線量分布を示していた。エッジ部分が邪魔なため近接できない状況では、むしろエッジ無しで近接させた方が、同等の被ばくでより良好な作業空間を確保できる上に、結果として手技時間短縮による被ばく低減が得られる可能性もあるので、得策かもしれない。

120kVp と 80kVp との比較では、空間線量分布に有意な差が無かった。針のアーチファクトは低管電圧でより強くなることを考えると、低管電圧の CT 透視は得策でない。むしろ、140kVp などより高い管電圧について線量分布を検討し、有意な線量増加が無ければ積極的に活用すべきなのかもしれない。

手以外の術者被ばくは低いレベルであり、更に術者がプロテクタを着用することによってほとんど無視できるレベルまで下がることが予想される。

#### 5. 結論

CT 透視を利用する際には、術者被ばくを低減するために散乱線遮蔽プロテクタを利用すべきである。散乱線遮蔽プロテクタは、できる限り穿刺位置に近接させることで効果が高まる。穿刺位置寄りのプロテクタを厚く高くすると、より効果的である。CT 透視について、低管電圧の術者被ばく低減効果は期待できない。

#### 6. 参考資料

エッジプロテクタ (株式会社六濤) <http://www.rikutoh.co.jp/products/brand/ct.html#c>

発泡ウレタンの体に布張りしたマネキン <http://www.manekinya.com/shopdetail/025002000001/order/>

nanoDot 線量計 [http://www.nagase-landauer.co.jp/nl\\_letter/pdf/23/no406.pdf](http://www.nagase-landauer.co.jp/nl_letter/pdf/23/no406.pdf)

[http://www.landauer.com/uploadedFiles/Healthcare\\_and\\_Education/Solutions/Special\\_Services\\_nanoDot.pdf](http://www.landauer.com/uploadedFiles/Healthcare_and_Education/Solutions/Special_Services_nanoDot.pdf)

平成24年度厚生労働科学研究費補助金  
(地域医療基盤開発推進研究事業)  
「医療放射線防護に関する研究」

分担研究報告書

医学物理領域における放射線防護に関する研究

平成25年3月

研究分担者 成田雄一郎